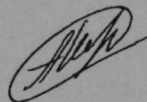


0-793633



На правах рукописи

ЧЕРНЯВСКИЙ АНДРЕЙ ПАВЛОВИЧ

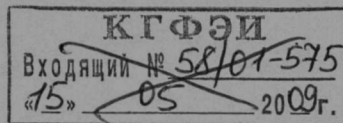
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством:
региональная экономика»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Владимир 2009



0-793633



На правах рукописи

ЧЕРНЯВСКИЙ АНДРЕЙ ПАВЛОВИЧ

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством:
региональная экономика»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000802324

Владимир 2009

Работа выполнена во Владимирском государственном университете

Научный руководитель: - доктор экономических наук, профессор
Лапыгин Юрий Николаевич

Официальные оппоненты: - доктор экономических наук, профессор
Лаптев Олег Владимирович

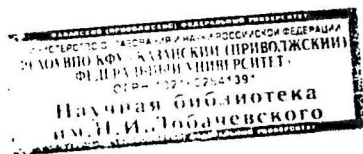
- кандидат экономических наук
Иванов Андрей Анатольевич

Ведущая организация: Костромской государственный
технологический университет, г. Кострома

Защита состоится 05 июня 2009 г. в 14 часов на заседании
диссертационного совета ДМ 212.025.06 при Владимирском
государственном университете по адресу: 600000, г. Владимир, ул.
Белоконской, д. 3/7, ауд. 315а-3.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке
Владимирского государственного университета по адресу: 600000, г.
Владимир, ул. Горького, 87, корпус 1.

Автореферат разослан «05» мая 2009 г.



Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат экономических наук, доцент

Марченко Е.М.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Развитие Российской Федерации невозможно без развития регионов. Регион как социально-экономическая система (СЭС) состоит из множества взаимосвязанных региональных социально-экономических подсистем, реализующих свою специфическую стратегию развития. Результаты реализации стратегии любой системы тем выше, чем более эффективно осуществляется стратегическое управление. Важнейшими этапами стратегического управления являются разработка и реализация стратегии. Реализация стратегии предполагает проведение изменений для приведения социально-экономической системы в желаемое состояние, и именно стратегические изменения представляют собой основное конструктивное содержание любой стратегии.

В настоящее время процессы, происходящие в мировой и национальных экономиках, характеризуются тем, что внешняя для региональных СЭС среда становится все более неопределенной, ее изменения частыми, а последствия трудно предсказуемыми. В связи с этим возникают серьезнейшие трудности при разработке и реализации стратегии региональных социально-экономических систем, основные из которых кроются, во-первых, в недостатке информации об изменении параметров внешней и внутренней среды региональной СЭС в будущие периоды времени, а, во-вторых, в невозможности получения полной, оперативной и достоверной информации о реализации стратегии. Поэтому получение такой информации является одной из наиболее острых и актуальных задач современного управления региональными социально-экономическими системами.

В современной практике управления существует достаточное количество диагностических систем, способных создать представление о ходе реализации стратегии. Однако общим недостатком таких подходов

является несбалансированность финансовых и нефинансовых показателей деятельности. Данное противоречие с успехом устранено в разработанной Р. Капланом и Д. Нортоном сбалансированной системе показателей (ССП). Более того, СПП является комплексной системой стратегического управления, позволяющей осуществлять декомпозицию стратегии в систему понятных и осязаемых для персонала целей (показателей) стратегического развития региональных социально-экономических систем. Поэтому на данный момент сбалансированная система показателей является доминирующей технологией измерения результатов выполнения стратегии.

Проблема недостатка информации о состоянии внешней и внутренней среды, последствий стратегических изменений решается посредством формирования прогнозов. Но традиционные методы прогнозирования уже далеко не всегда способны дать удовлетворительные результаты.

Для решения задач такого рода в настоящее время все большее применение находят интеллектуальные технологии, среди которых особо выделяются технологии, основанные на парадигме искусственных нейронных сетей (ИНС).

Поэтому создание эффективного универсального инструмента, представляющего собой симбиоз достижений в области стратегического управления, прогнозирования и искусственного интеллекта для стратегического управления региональными социально-экономическими системами является весьма актуальным и значимым.

Степень разработанности проблемы. Если вопросы общего стратегического управления уже стали предметом широких научных исследований, то проблемы стратегических изменений требуют более детального изучения. Наибольший интерес представляют научные труды таких зарубежных и отечественных исследователей в области управления стратегическими изменениями как И. Ансоффа, К. Боумена,

А. Стрикленда, А. Томпсона, Б. Карлофа, Б. Альстрэнда, Дж. Куинна, К. Левина, М. Мескона, Дж. Коттера, О.С. Виханского, А.Л. Гапоненко, А.Т. Зуба, М.В. Локтионова, А.Н. Люкшинова, А.И. Панова, С.А. Попова, Э.А. Уткина, Ю.Н. Лапыгина, В.Д. Шапиро и многих других.

Сущность и основные особенности сбалансированной системы показателей рассмотрены не только ее создателями (Р. Капланом и Д. Нортеном), но и другими учеными, среди которых особо выделяются труды П. Нивена, Н.Г. Олве, К.Й. Петри, Ж. Рой, С. Рой, М. Ветера, М.Г. Брауна, Х.К. Рамперсада, А.М. Гершуна, М. Горского и ряда других специалистов.

Зарубежными учеными, внесшими огромный вклад в развитие теории и практики прогнозирования, являются Г. Тейл, Дж. Брайт, Р. Эйрес, Э. Янч, Дж. Мартино, О. Моргенштерн, Дж. Бокс, Г. Дженкинс и многие другие. Среди отечественных ученых стоит особо выделить труды И.В. Бестужева-Лады, А.Г. Ивахненко, В.М. Глушкова, Г.М. Доброва, Ю.П. Лукашина, В.А. Лисичкина, Г.С. Кильдишева, А.А. Френкеля, В.В. Глущенко и других.

Результаты теоретических и практических исследований в области искусственных нейронных сетей отмечены в работах таких выдающихся отечественных и зарубежных ученых, как А.И. Галушкин, Е.М. Миркес, В.В. Круглов, С.А. Терехов, С.Л. Сотник, И.В. Заенцев, Д. Хебб, Дж. Мак-Каллок, У. Питтс, М. Минский, С. Пайперт, Ф. Розенблатт, Ф. Уоссермен, Б. Видроу, Т. Кохонен, С.Г. Гроссберг, А. К. Джейн.

Однако вопросам применения ИНС в управлении социально-экономическими системами посвящено гораздо меньше исследований. К таким работам следует отнести труды А.Н. Горбаня, Д.А. Россиева, А.А. Ежова, С.А. Шумского, С.Г. Короткого, М.Л. Кричевского, А.Г. Баркитзиса и других ученых.

Анализ литературных источников не выявил глубоких исследований, посвященных управлению стратегическими изменениями региональных социально-экономических систем на основе использования концепции сбалансированной системы показателей и нейросетевого подхода. Такая ситуация послужила причиной выбора данной темы диссертационной работы, а также обусловила цели и задачи исследования.

Цель диссертационного исследования заключается в разработке модели формирования прогноза в процессе стратегического управления социально-экономическими системами в регионе.

В соответствии с поставленной целью в ходе исследования были определены и решены следующие задачи:

- Определить сущность и характерные особенности разработки и реализации стратегических изменений в региональных СЭС;
- Провести анализ методов прогнозирования параметров стратегического развития региональных СЭС и определить наиболее эффективные методы;
- Исследовать сущность, особенности построения и практического применения сбалансированной системы показателей для региональных социально-экономических систем;
- Разработать модель формирования прогноза в управлении региональными социально-экономическими системами, методику работы с моделью, а также провести экспериментальную проверку модели для конкретных региональных социально-экономических систем.

Предметом исследования является процесс формирования прогноза в управлении стратегическими изменениями на основе нейросетей. **Объект исследования** – стратегическое управление региональными социально-экономическими системами.

Теоретической и методологической основой исследования стали работы отечественных и зарубежных ученых, занимающихся проблемами стратегического и системного управления, прогнозирования, искусственного интеллекта, а также материалы специализированных журналов. Кроме того, в процессе выполнения диссертации были проанализированы статистические данные и материалы различных научных и научно-практических конференций.

При решении поставленных в работе задач использовались общенаучные и специальные методы исследования: дедукции и индукции, анализа и синтеза, контент-анализа, методы экономико-математического моделирования и прогнозирования, системный подход, методы статистического анализа, метод SWOT-анализа и другие.

Логика исследования отражает последовательность основных стадий исследования, представленных ниже. На первых этапах работы определяется понятие региона и региональных социально-экономических систем. Исследуются стратегические изменения, закладывающие основу для создания условий, необходимых при осуществлении стратегии развития региональных СЭС, а также рассматриваются основные подходы и методы управления изменениями.

Далее рассматриваются классические и интеллектуальные подходы к прогнозированию параметров функционирования региональных СЭС, определяются основные проблемы, возникающие при управлении изменениями, проводится анализ концепции сбалансированной системы показателей. В итоге, все это позволяет разработать модель формирования прогноза в управлении региональными социально-экономическими системами на основе нейронных сетей.

Работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 08.00.05 (п. 5.14 Паспорта специальностей ВАК РФ).

Научная новизна работы, состоит в следующем:

1. Выявлены преимущества моделирования и прогнозирования параметров стратегического развития региональных СЭС методами искусственных нейронных сетей по сравнению с традиционными статистико-математическими методами, заключающиеся в том, что при нейросетевом подходе региональная социально-экономическая система может рассматриваться в виде модели “черного ящика”, а математическая модель формируется ИНС посредством обучения (изменения топологии сети) и адаптации к конкретным условиям функционирования СЭС.

2. Определено новое применение сбалансированной системы показателей в качестве информационной основы искусственной нейронной сети. При этом показатели ССП региональной СЭС являются входами нейросети, а исследуемые показатели сбалансированной системы – выходами нейросети.

3. Разработан принцип двухкаскадного прогнозирования, состоящий в том, что на первом уровне при разработке стратегии на основе обученной ИНС осуществляется прогнозирование результирующих показателей ССП (как показателей 1-го уровня, так и показателей более низших уровней), а далее в процессе реализации стратегии на втором уровне анализируются факторы отклонения фактической траектории стратегического развития от утвержденной и путем построения нормативных и поисковых прогнозов развития ситуации с помощью ИНС определяются количественные значения показателей в будущие периоды времени.

4. Построена оригинальная модель на базе вышеуказанного принципа и разработана комплексная методика управления стратегическими изменениями в региональных СЭС на основе нейронных сетей, которая заключается в том, что управление стратегическими изменениями в социально-экономической системе охватывает все этапы стратегического управления: разработку стратегии, формирование

сбалансированной системы показателей, реализацию стратегии и контроль ее реализации. Модель содержит в своем составе несколько основных блоков: ССП, нейросетевую часть, систему контроллинга, блок анализа причин отклонений фактических значений от установленных, блок осуществления управляющих воздействий.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в возможности применения научных результатов проведенного исследования в практической деятельности региональных социально-экономических систем любого типа. Кроме этого, расширена область применения нейронных сетей за счет симбиоза метода искусственных нейронных сетей с применением технологии сбалансированной системы показателей в рамках методологии стратегического управления.

Разработанные компьютерные программы на языке программирования системы MATLAB автоматизируют процессы предварительной обработки входных данных, выбора оптимального алгоритма обучения ИНС для конкретной прикладной задачи и прогнозирования показателей функционирования региональной социально-экономической системы.

Основные результаты диссертационного исследования способствуют эффективному управлению развитием региональных СЭС в период проведения стратегических преобразований. Выводы и обобщения, полученные в ходе исследования, могут быть использованы в качестве исходного материала для управленческого персонала региональных социально-экономических систем, в деятельности планово-экономических подразделений предприятий и организаций, консультантов по стратегическому развитию, исследователей, преподавателей и сотрудников предприятий и организаций, непосредственно занимающихся проблемами эффективного управления.

Апробация результатов исследования:

- основные теоретические положения и практические результаты исследования, представленные автором, докладывались и обсуждались на 6 международных научно-практических конференциях;
- теоретические и методические положения диссертационного исследования апробированы и применяются автором в процессе преподавания дисциплин «Социальное управление» и «Инструменты формирования стратегии» во Владимирском государственном университете на кафедре “Экономики и стратегического управления”;
- по отдельным направлениям диссертационного исследования опубликовано 17 научных работ общим объемом 10,19 п.л., в т.ч. 2 монографии объемом 33,1 п.л. (доля автора – 6,93 п.л.).

Авторская модель формирования прогноза в управлении региональными социально-экономическими системами на основе нейросетей реализована в социально-экономических системах Владимирской области.

Структура диссертационного исследования отражает логику исследования и соответствует направленности поставленных в работе задач. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Список литературы включает 186 наименований научных источников. В 13 приложениях приведен иллюстративный материал. Работа представлена на 188 страницах машинописного текста, включает 35 рисунков и 31 таблицу.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновываются актуальность и степень разработанности изученной темы, определяются цели и задачи, объект и предмет, методология и информационная основа исследования, формулируются научная новизна, теоретическая и практическая

значимость исследования, описывается апробация результатов научной работы.

В первой главе рассматриваются теоретические основы формирования прогноза в управлении региональными социально-экономическими системами на основе нейронных сетей.

Под региональной социально-экономической системой (СЭС) в диссертационной работе понимается любое образование, являющееся подсистемой социально-экономической системы конкретного региона, выделяемой в некотором аспекте в соответствии с определенными целями и задачами. В этом смысле региональными СЭС могут быть любые образования внутри региона, которые можно воспринимать как нечто целое, связанные с отношениями между людьми и их экономическими взаимоотношениями. Например, организации во всем своем многообразии: коммерческие, некоммерческие, частные, государственные, муниципальные и т.д., а также их различные объединения. Определение конкретной региональной СЭС зависит от целей и задач, стоящих перед пользователем модели прогнозирования, предложенной в работе.

Основываясь на анализе теории и практики стратегического управления, сделан вывод о том, что первоначально при формировании методологии стратегического планирования и управления основное внимание ученого мира и менеджмента организаций было уделено этапу формирования стратегии. В настоящее время важнейшим и в то же время наименее проработанным этапом стратегического управления по праву считается реализация стратегии, то есть проведение стратегических изменений. Показано, что стратегические изменения, нося системный характер и влияя на все области функционирования организации, переводят организацию из одного ее стратегического состояния в другое.

В работе под стратегическими изменениями понимается система действий, разрабатываемых и применяемых субъектами изменений для

перевода объекта изменений в новое качественное состояние, и позволяющих осуществлять своевременное реагирование на изменения внешней среды, что при систематическом проведении изменений способствует качественному развитию региональных СЭС. При этом в качестве субъектов изменений могут выступать администрация региона, района, города, руководство организации, менеджеры более низких звеньев управления и т.д. Объектами изменений являются как регион, город, район, организация в целом, так и подсистемы разных уровней их составляющие.

Проанализировав основные подходы к управлению стратегическими изменениями, а именно: модель стратегического континуума Дж. Коттера и Л. Шлезингера, подход Торли и Уирдениуса, модель Л. Грейнера, теорию “Е” и “О” М. Бира и Н. Нориа, подход консалтинговой фирмы ADL, модель К. Левина (развитую впоследствии Э. Шайном, Дж. Коттером, К. Фрайлингером, И. Фишером) сделан вывод о том, что применение только одного отдельного метода не в состоянии привести к успеху. Только разумное взаимодополняющее комбинирование данных методов в зависимости от конкретной ситуации позволит эффективно осуществить изменения и достичь стратегических целей.

В исследовании особое внимание обращено на то, что происходит интенсивный переход от индустриального общества к информационному обществу. Информация становится определяющим фактором общественного производства, и обладание информацией становится важнейшим преимуществом. В этих условиях резко возрастает актуальность и значимость прогнозирования. Кроме того, понятие прогноза, издавна имевшее общенаучное значение и определенные соотношения с другими понятиями и категориями, приобретает более емкое и широкое смысловое наполнение. При этом выявлено, что:

- современные региональные СЭС представляют собой настолько сложные, многофакторные и высоко динамичные системы, что построить математическую модель для прогнозирования таких систем крайне сложно, а зачастую и просто невозможно;

- вследствие того, что информация разнообразна как в содержательном, так и в эмпирическом аспекте, и при этом, как правило, содержит шумовую составляющую, получить требуемую аналитическую информацию для построения прогноза становится весьма сложно.

Обобщены и систематизированы методы и модели прогнозирования. Проведен критический анализ алгоритмов и методов прогнозирования, позволивший выявить ряд существенных ограничений и недостатков классических методов. Показано, что применение классических методов при прогнозировании параметров таких объектов, как социально-экономические системы, весьма ограничено и в большинстве случаев приводит к неудовлетворительным результатам. Для решения подобных трудно формализуемых задач в условиях недостатка (избытка) информации лучшие результаты демонстрируют интеллектуальные технологии анализа и прогнозирования данных.

Показано, что на данный момент оптимальной интеллектуальной технологией прогнозирования является метод искусственных нейронных сетей. Преимущества моделирования и прогнозирования методами искусственных нейронных сетей заключаются в том, что:

- при нейросетевом подходе региональная СЭС может рассматриваться в виде черного ящика, имеющего контакты с внешней средой посредством входов и выходов;

- математическая модель строится ИНС посредством обучения (изменения топологии сети) и адаптации к конкретным условиям функционирования региональной социально-экономической системы.

Вторая глава диссертационного исследования посвящена анализу параметров управления стратегическими изменениями в региональных социально-экономических системах. В ходе рассмотрения проблем управления стратегическими изменениями региональных СЭС выявлено, что поскольку люди являются основной составляющей любой социально-экономической системы, то и основные проблемы управления стратегическими изменениями кроются среди людей и их коммуникаций.

Таким образом, основными проблемами стратегических изменений являются:

- проблемы, вызванные изменением организационной культуры. Чаще всего основными проблемами такого рода являются различного рода сопротивления;
- проблемы, связанные с недостатком информации о проводимых изменениях, текущем состоянии и развитии социально-экономической системы в будущем. При этом проблема недостатка информации распадается на две подпроблемы: определение критериев оценки реализации стратегии и получение качественных и количественных оценок показателей реализации стратегии.

Проведенное исследование показало наличие принципиальных возможностей повысить качество управления реализацией стратегии региональных СЭС при использовании концепции сбалансированной системы показателей, поскольку ССП предполагает взаимоувязку запаздывающих и опережающих (финансовых и нефинансовых) показателей функционирования организации, а также помогает донести стратегию и суть стратегических изменений до всех сотрудников организации. Кроме того, предложено применение сбалансированной системы показателей в качестве информационной основы искусственной нейронной сети, когда показатели сбалансированной системы являются

входами нейросети, а исследуемые (результатирующие) показатели – выходами ИНС.

Главным научно-практическим итогом диссертации является разработанная в общем виде модель формирования прогноза в управлении региональными социально-экономическими системами на основе искусственных нейронных сетей (МПНС, рис. 1).

Концепция МПНС предполагает наличие следующих составляющих: стратегии региональной СЭС, сбалансированной системы показателей региональной СЭС, модели искусственной нейронной сети для данной региональной системы, системы стратегического контроллинга.

Стратегия региональной СЭС должна быть детально проработана, установлены стратегические цели, прописаны политики, программы и проекты, определены ресурсы, основные этапы реализации стратегии, конкретные стратегические изменения и их результаты, а также назначены ответственные лица на каждом этапе разработки и реализации стратегии.

Если же сформулированная стратегия отсутствует, то следует формализовать существующую стратегию, либо разработать новую.

Применение сбалансированной системы показателей обеспечивает детализацию стратегии в совокупность измеримых оценочных показателей. Для этого необходимо, чтобы были сформированы карты ССП, установлены цели, показатели, целевые значения показателей, тип показателей (запаздывающие или опережающие), определены источники информации, сроки и ответственные лица за контроль показателей, необходимые стратегические инициативы.

Проведенный анализ позволил выявить преимущества применения программной реализации искусственной нейронной сети перед реализацией аппаратным путем, заключающиеся в более низкой стоимости, простоте использования и высокой скорости изменения конфигурации нейросети.

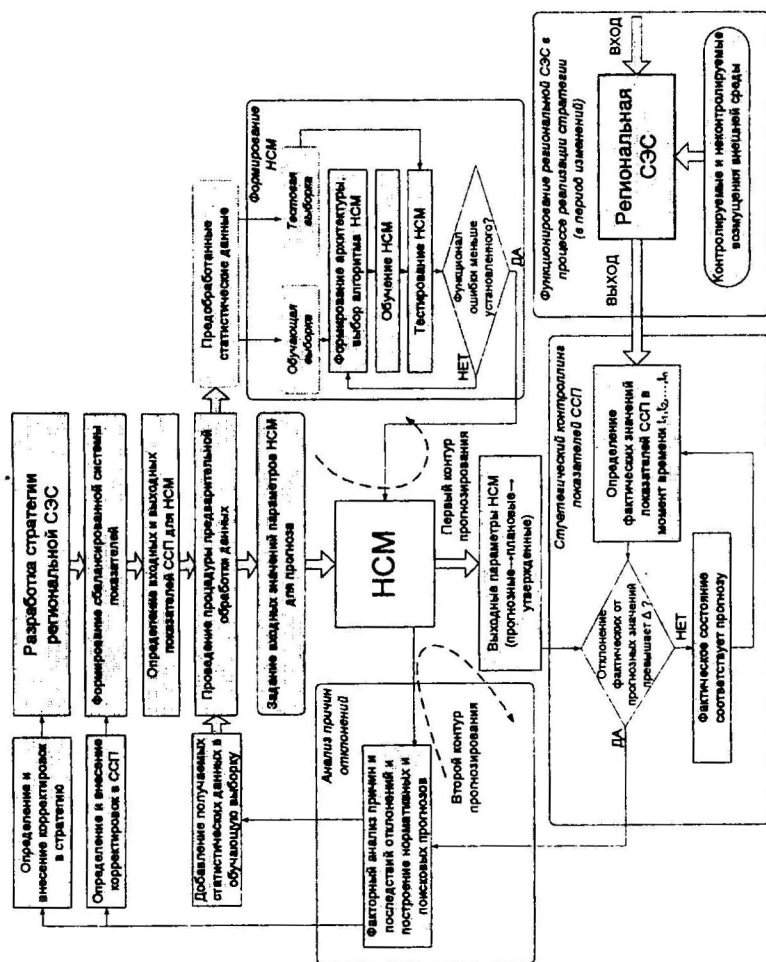


Рис. 1. Модель формирования прогноза в управлении региональными СЭС на основе нейронных сетей

Также с помощью метода сравнительного анализа определена предпочтительность использования системы инженерных и научных расчетов MATLAB в качестве инструмента компьютерного моделирования искусственной нейронной сети.

Авторский подход к разработке МПНС предусматривает возможность каскадного применения ИНС для прогнозирования. Первый (основной) каскад представляет собой совокупность входных показателей – показателей ССП, распределенных по картам и отражающих все аспекты реализации стратегии (функционирования организации), и выходных показателей – прогнозируемых показателей реализации стратегии (показателей управления стратегическими изменениями, функционирования организации). Выходными показателями могут быть, например, объем произведенной продукции, финансовый результат и т.д.

В некоторых случаях показатели ССП могут быть составными. Для этого в МПНС предназначен второй (вспомогательный) каскад прогнозирования. Здесь входными показателями будут являться либо показатели низших уровней ССП (например, 2-го уровня), либо факторы, влияющие на показатели первого уровня, а выходными – агрегированные показатели ССП более высоких уровней (например, 1-го уровня).

Математическая нотация для первого каскада прогнозирования выглядит следующим образом. Пусть сбалансированная система показателей региональной СЭС представлена в виде матрицы A , которая имеет размерность $m \times n$:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix},$$

где: m - количество показателей ССП региональной СЭС, n - количество временных периодов статистических наблюдений. Столбцы матрицы A представляют собой векторы показателей ССП одного временного периода статистической информации, имеющейся в наличии. Элементы строк матрицы A являются временными рядами показателей ССП региональной СЭС.

Цель прогнозирования в общем случае состоит в том, чтобы для заданного показателя ССП региональной СЭС (i -ой строки матрицы A , $i = \overline{1, m}$) найти его прогнозируемые значения в h временных периодах, лежащих за пределами имеющихся статистических наблюдений, которые могут быть представлены вектором:

$$\bar{q} = (q_1, \dots, q_h).$$

Элементы вектора \bar{q} соответствуют i -ой строке матрицы A в прогнозируемые периоды времени.

Хотя в описываемой модели могут быть применены любые типы ИНС, для целей настоящего исследования используется наиболее распространенный тип ИНС – многослойная прямонаправленная сеть типа многослойный персептрон (MLP).

Для работы с ИНС статистические данные должны быть предварительно обработаны. Процедура предварительной обработки включает в себя представление статистических данных в терминах нейросетевого подхода. Для этого производится процедура нормировки (шкалирования) данных в диапазоне $[0, 1]$ или $[-1, 1]$. Также статистические данные необходимо оценить на наличие шума и при его наличии необходимо произвести очистку данных. Такая оценка может быть осуществлена, например, использованием метода вейвлет-преобразования.

В тех случаях, когда размерность векторов входных показателей является большой, но при этом компоненты векторов сильно коррелированы, эффективной процедурой уменьшения размерности является анализ главных компонент (Principal Component Analysis - PCA). Этот метод, во-первых, ортогонализирует компоненты входных векторов так, что они не коррелируют друг с другом, во-вторых, упорядочивает полученные ортогональные компоненты (главные компоненты) таким образом, что сначала идут компоненты с максимальной дисперсией, и, в-третьих, удаляет компоненты, которые вносят наименьший вклад в общую дисперсию набора данных (имеют дисперсию ниже заданного предела).

Далее в матрице статистических наблюдений A определяются возможные значения входных P и выходных T показателей, где $P \in A$ и $T \in A$:

$$P = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n-1} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn-1} \end{pmatrix}, \quad T = \begin{pmatrix} a_{12} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{22} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m2} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

На множестве входных и выходных показателей необходимо сформировать непересекающиеся обучающее и тестовое множества. При формировании обучающего множества для каждого показателя ССП региональной СЭС, индекс которого обозначим η ($1 \leq \eta \leq m$), выбираются соответствующие элементы множеств P и T , где P – матрица входных значений, а T – матрица эталонных значений данного показателя.

Обозначим через x_l l -й столбец матрицы входных показателей P :

$$\overline{x}_l = \begin{pmatrix} p_{1l} \\ p_{2l} \\ \vdots \\ p_{ml} \end{pmatrix}, l = \overline{1, n-1},$$

а через \overline{y}_l строку матрицы T с индексом η :

$$\overline{y}_l = (t_{\eta l+1}, t_{\eta l+2}, \dots, t_{\eta l+h}), l = \overline{1, n-1}$$

Пусть идущие подряд значения заданного параметра зависят от вектора-столбца показателей, предшествующего первому выходному значению:

$$\overline{y}_l = F\{\overline{x}_l\}, l = \overline{1, n-1}$$

Тогда, при использовании в качестве оператора F нейронной сети, пары векторов $(\overline{x}_l, \overline{y}_l), l = \overline{1, n-1}$ будут составлять тренировочное множество R для нейронной сети:

$$R = \bigcup_{l=1}^{n-1} (\overline{x}_l, \overline{y}_l)$$

Однако, если для обучения искусственной нейронной сети использовать все множество R , такая сеть будет точно следовать данным из обучающей выборки, но будет плохо обобщать данные, не входящие в обучающую выборку (явление переобучения). Поэтому из множества R необходимо выделить тестовое множество. Тестирование необходимо для того, чтобы убедиться в обобщающих способностях нейронной сети и ее работоспособности с данными, не участвовавшими в обучении.

Таким образом, множество R разделяется на два непересекающихся репрезентативных множества – обучающее подмножество и тестовое подмножество. Целесообразно проводить обучение сети несколько раз с различными вариантами разбиения множества R на обучающее и

тестовое подмножество. Например, в соотношениях 50% на 50%, 75% на 25% и т.д.

Прогнозирование показателей ССП региональной СЭС на следующий временной период осуществляется путем предъявления на входы обученной и тестирующей ИНС вектора $\overline{x_n}$ (последний период статистических наблюдений):

$$\overline{x_n} = \begin{pmatrix} p_{1n} \\ p_{2n} \\ \vdots \\ \vdots \\ p_{mn} \end{pmatrix}.$$

Результатом работы ИНС будет прогнозное значение y_{n+1} в первом временном периоде, лежащим за пределами статистических наблюдений.

При необходимости долгосрочного прогноза, то есть прогноза более, чем на один временной период, используется многошаговое прогнозирование. Полученное на предыдущем шаге прогнозное значение исследуемого показателя предъявляется на вход нейронной сети для получения прогноза на следующий период и так далее. После прогнозирования по всем показателям ССП региональной СЭС будет получена матрица прогнозных значений Q .

$$Q = \begin{pmatrix} q_{1n+1} & q_{1n+2} & \dots & q_{1n+h} \\ q_{2n+1} & q_{2n+2} & \dots & q_{2n+h} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{mn+1} & q_{mn+2} & \dots & q_{mn+h} \end{pmatrix}$$

Далее формируется архитектура нейросети – тип сети, количество слоев, количество нейронов во входном, выходном и промежуточных

слоях, функция активации нейрона. Выбирается алгоритм обучения нейросети, функционал ошибки и критерий остановки обучения.

Производится обучение. После завершения обучения и успешного тестирования нейросетевой модели (НСМ) появляется возможность прогнозирования показателя (ансамбля показателей) ССП, то есть показателей оценки реализации стратегических изменений. НСМ готова к использованию. В данный момент прогнозные значения, полученные с помощью НСМ, и плановые значения совпадают, так как нейронная сеть обучалась на данных значениях.

В результате прогнозирования по НСМ будет получен временной ряд из N контрольных точек вплоть до точки прогнозирования цели (значения показателя). При наступлении контрольной точки (достижения прогнозируемого периода в реальном масштабе времени) анализируется отклонение прогнозируемого значения цели с фактическим значением. Если отклонение находится в заданных пределах, прогноз считается успешным. В противном случае необходимо проанализировать причины отклонения и в зависимости от этого либо изменить начальные условия (входные параметры), либо снова обучить НСМ, включая в обучающую выборку параметры за период до контрольной точки.

Рассмотрим процесс реализации стратегии (Рис. 2). Период реализации стратегии обозначим T . Промежуточные контрольные точки t_1, t_2, \dots, t_n . В случае успешного прогноза в каждый контрольный момент времени показатель должен быть равен установленному значению, либо попадать в область допустимых значений.

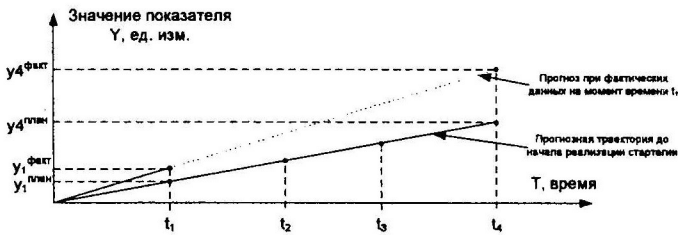


Рис. 2. Прогнозирование в процессе реализации стратегии на основе МПНС

При наступлении момента времени t_1 фиксируется отклонение значения показателя Y , которое равно величине $\delta = y_1^{\text{факт}} - y_1^{\text{план}}$. Если значение показателя стратегических изменений (ССП) в точке прогнозирования является неприемлемым, то есть больше установленного $\delta \geq \delta_{\text{уст}}$, необходимо проанализировать факторы, влияющие на этот показатель. Далее следует осуществить прогнозирование в текущих условиях на основе НСМ. Возможен анализ по трем вариантам:

Вариант 1. Осуществить поисковый прогноз до промежуточной контрольной точки, в примере t_4 и оценить, а что же получится в итоге при текущих условиях. Может быть, имеют место локальные сезонные изменения и в итоге показатели сойдутся с установленными, а может быть изменение, наоборот, еще более увеличит отклонение параметра от цели?

Вариант 2. Осуществить нормативный прогноз. То есть, если очевидны факторы, обусловившие отклонение, изменить начальные условия (входные параметры) таким образом, чтобы выйти на желаемое значение цели (возможно итеративным путем). Но область решения обширна и это может потребовать много времени.

Вариант 3. Осуществить нормативный прогноз, но с дисконтированием временного ряда на 1 интервал вправо, то есть включить контрольную точку в обучающую выборку.

Проведя факторный анализ последствий отклонений, можно решить - необходимы ли изменения и если необходимы, то какие, где применить и в каких объемах. Если изменения существенны на уровне стратегии – необходимо скорректировать стратегию, если существенны на уровне ССП, то внести изменения в ССП. Далее цикл повторяется.

Адаптация и экспериментальная проверка МПНС проводилась для двух типов региональных СЭС – организации некоммерческой (НО “Владимирский городской ипотечный фонд”, г. Владимир) и организации коммерческой (ЗАО “Меленковский районный промышленный комбинат”, Владимирская область, г. Меленки). Для обеих организаций были разработаны стратегии развития и сбалансированные системы показателей. Для повышения качества прогнозирования проводилась предварительная обработка входных данных, включавшая оценку зашумленности данных с использованием метода вейвлет-преобразования (рис. 3), а также понижение размерности пространства входов нейросети за счет удаления сильно коррелированных показателей по методу главных компонент.

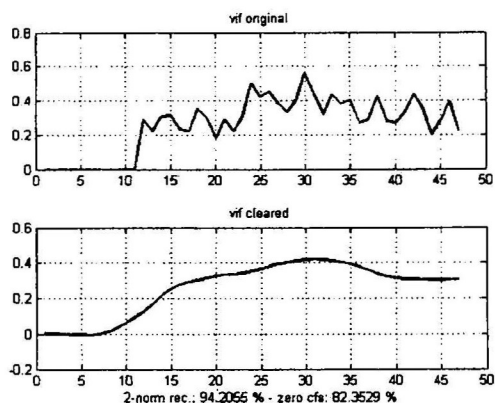


Рис. 3. Графики исходного показателя “Доля клиентов, пришедших по совету знакомых” и его очищенной от шума версии

Обучение ИНС производилось на основании предварительно обработанных статистических данных, разделенных на обучающее, тестовое и валидационное множества в соотношении 80/10/10 (рис. 4).

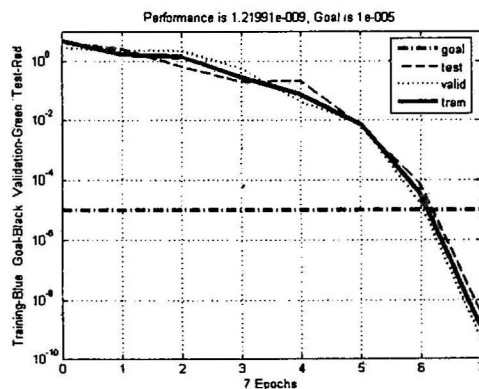


Рис. 4. График обучения ИНС для показателя ССП ВГИФ “Увеличение объема рефинансированных кредитов к объему выданных”

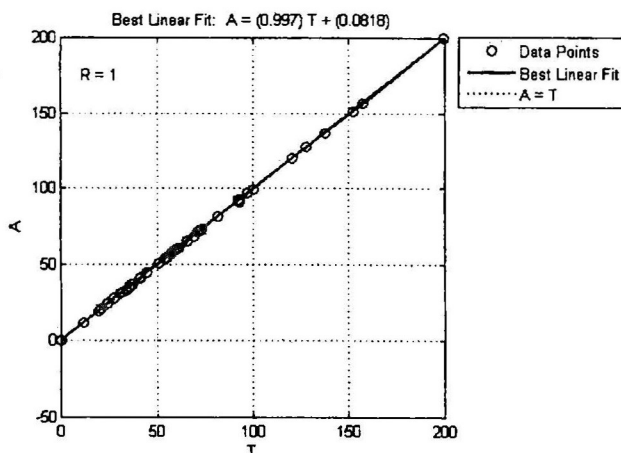


Рис. 5. График НЛП для показателя “Увеличение объема рефинансированных кредитов к объему выданных в текущем периоде”

После обучения нейросети наблюдалась хорошая сходимость моделируемых искусственной нейронной сетью значений и статистических данных, что иллюстрирует график наилучшего линейного приближения (рис. 5).

Пример сопоставления прогнозных и фактических значений сбалансированной системы показателей, а также других индикативных показателей реализации стратегии ЗАО “МРПК” на 3 кв. 2008 г. приведен в табл. 1.

В работе на практических примерах показаны универсальность и возможности для развития, заложенные в модели, которые позволяют применять ее с успехом в деятельности различных региональных социально-экономических систем.

Таблица 1

Отклонения фактических от прогнозируемых значений показателей функционирования ЗАО "МРПК" за 3 квартал 2008 г.

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Июль.08			Авг.08			Сен.08		
			Прогноз	Факт	Откл., %	Прогноз	Факт	Откл., %	Прогноз	Факт	Откл., %
1.	Реализация продукции	тыс. руб.	1528,41	1618,5	5,57	1791,44	1750,1	-2,36	1693,44	1832,8	7,60
2.	Товарная продукция	тыс. руб.	1679,75	1696,9	1,01	1892,16	1743,3	-8,54	1682,76	1733,8	2,94
3.	Деловая древесина	м. куб.	645,49	678,2	4,82	657,32	695,0	5,42	566,39	610,2	7,18
4.	Дрова	м. куб.	185,75	199,5	6,89	188,14	198,0	4,98	321,22	331,30	3,04
5.	Пиломатериал обрезной	м. куб.	348,68	323,0	-7,95	306,54	297,0	-3,21	310,67	298,0	-4,25
6.	Пиломатериал не обрезной	м. куб.	28,43	27,00	-5,30	66,39	68,0	2,37	41,46	38,00	-9,11
7.	ФОТ	тыс. руб.	503,55	538,2	6,44	631,77	683,2	7,53	579,54	601,3	3,62
8.	Численность	чел.	58,00	57,0	-1,75	54,00	59,0	8,47	61,00	58,00	-5,17
9.	Средняя зарплата	руб.	10129,99	9442,1	-7,29	11975,86	11579,7	-3,42	11203,89	10367,2	-8,07
10.	Прибыль от реализации	тыс. руб.	210,51	197,5	-6,59	397,40	364,7	-8,97	254,52	254,9	0,15
11.	Производительность труда	тыс. руб.	28,59	29,77	3,96	28,74	29,5	2,74	28,69	29,89	4,01
12.	Себестоимость продукции	тыс. руб.	1322,92	1250,8	-5,77	1307,61	1352,5	3,32	1440,10	1416,4	-1,67

Кроме того, в процессе адаптации определены ограничения модели, заключающиеся в том, что для адекватного прогнозирования показатели ССП должны обладать достаточной описательной статистикой. Точность модели также падает в условиях системных кризисных явлений (резкие изменения в начальной фазе кризиса), оставаясь выше точности прогнозирования классическими методами, однако благодаря наличию адаптивных свойств через обучение на текущих данных достаточно быстро выходит на приемлемый уровень точности прогноза.

Заключение содержит основные теоретические положения, выводы и предложения по исследуемым проблемам. **Приложения** включают алгоритм прогнозирования, характеристики карт ССП, программные коды разработанных автором компьютерных программ автоматизации работы с МПНС, а также иной иллюстрированный материал.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Прогнозирование деятельности организации в процессе стратегических изменений на основе нейросетей [Текст] // Вестник Университета (Государственный университет управления). Серия «Развитие отраслевого и регионального управления». – М.: ГУУ. – 2008. – №10 (20). – С. 280-282. (0,25 п.л.).

2. Экономическое прогнозирование: учебное пособие [Текст] / Ю.Н. Лапыгин, В.Е. Крылов, А.П. Чернявский. – М.: ЭКСМО, 2009 - 256 с. (серия Высшее экономическое образование) (6.56 п.л.).

3. Понятие и классификация основных методов прогнозирования [Текст] // Стратегия инновационного развития (плерарные доклады, тезисы выступлений) / Отв. ред. Ю.Н. Лапыгин. – Владимир: ВлГУ, 2008 – С. 270 – 276. (0,4 п.л.).

4. Применение сбалансированной инновационной политики на предприятиях и в организациях как фактор стратегического развития [Текст] // Управление интеллектуальным капиталом (сборник статей и тезисов конференции). – Владимир, ВлГУ, 2007. С. 203 – 205. (0,13 п.л.).

5. Методы прогнозирования развития социально-экономических систем : региональное стратегическое планирование [Электронный ресурс] // Экономика региона : электрон. научный журнал / Владим. гос. университет. – 2007. - № 18 (часть 2). - № государственной регистрации 0420700036, http://journal.vlsu.ru/fileadmin/user_upload/arkhivy_zhurnalov/No18_dekabr_chast_2_.zip. (0,2 п.л.).

6. Стратегические изменения в организации: сущность и особенности проведения : региональное стратегическое планирование [Электронный ресурс] // Экономика региона : электрон. научный журнал. - 2007. - № 13 - № государственной регистрации 0420700036, http://journal.vlsu.ru/fileadmin/user_upload/arkhivy_zhurnalov/er_13_may.zip (0,25 п.л.).

7. Искусственные нейронные сети как инструмент развития стратегических альянсов : управление экономическими системами региона [Электронный ресурс] // Экономика региона : электрон. научный журнал. - 2006. - № 7 - № государственной регистрации 0420700036, http://journal.vlsu.ru/fileadmin/user_upload/arkhivy_zhurnalov/er_7.zip (0,23 п.л.).

8. К возможности применения искусственных нейронных сетей в ипотечном кредитовании : управление экономическими системами региона [Электронный ресурс] // Экономика региона : электрон. научный журнал. - 2006. - № 6 - № государственной регистрации 0420700036, <http://journal.vlsu.ru/index.php?id=409> (0,13 п.л.).

9. Искусственные нейронные сети – эффективный инструмент успешного развития стратегических альянсов и кластеров // Региональные

альянсы и кластеры. Под ред. проф. Ю.Н. Лапыгина. – Владимир, Владимирская книжная типография, 2006. – С. 65-70. (0,37 п.л.).

10. Методы прогнозирования экономических показателей функционирования организации // Проблемы развития региональных социально-экономических систем (пленарные доклады, тезисы выступлений) / Отв. ред. Ю. Н. Лапыгин. – Владимир: ВлГУ, 2006. – С. 364-367. (0,25 п.л.).

11. Искусственные нейронные сети – эффективный инструмент успешного развития стратегических альянсов и кластеров // Стратегические альянсы и кластеры (пленарные доклады, тезисы выступлений) / Отв. ред. Ю. Н. Лапыгин. – Владимир: ВлГУ, 2005. – С. 250-254. (0,25 п.л.).

12. Нейросети в системе управления организацией // Стратегия города и региона (сборник научных трудов) / Отв. ред. Ю. Н. Лапыгин. – Владимир: ВлГУ, 2005. – С. 193-198. (0,38 п.л.).

13. Стержневые компетенции как основа конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе // Экономика и управление: теория и практика (сборник статей и тезисов). – Владимир: ВГПУ, 2004. С. 108 -110. (0,19 п.л.).

ЛР № ЛР № 020275 Подписано в печать 30.04.09 г.
Формат 60х84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,2. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 100 экз.

Заказ

Редакционно-издательский комплекс
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.

